

炭素線ビームを照射した 3D ゲル線量計中の放射性同位元素の評価

Measurement of Radioactivity in 3D-Gel Dosimeters Irradiated by Carbon Ion Beam

*豊原尚実¹, 蓑原伸一², 五東弘昭¹, 下野義章³, 湯原勝³, 山下雄生³, 赤山類³

¹横浜国立大学, ²神奈川県立がんセンター, ³東芝エネルギーシステムズ(株)

重粒子線を照射したゲル線量計中の放射性同位元素の濃度について計算と実測により評価した。その結果、支配的な放射性同位元素は Be-7 であること、PVA-KI ゲルは I-123 も生成することを確認した。

キーワード：重粒子線, ゲル線量計, 放射性同位元素, Be-7, モンテカルロシミュレーション

1. 緒言

ゲル線量計は、放射線照射で生じる発色量から吸収線量の三次元分布を簡易に評価できるため、放射線がん治療時の QA/QC への適用が期待されている。一方で、重粒子線を照射したゲル線量計中の放射性同位元素（以下核種）に関わる知見は少ない。本報では、計算と実測により核種の種類と量を評価した。

2. 試験および計算

色素ゲルと PVA-KI*ゲル [1]、ゲルの主成分である水を対象とした。がん治療の照射条件を参照し、i-ROCK**にて ¹²C⁶⁺を照射し、照射後約 24 時間後に Ge 半導体検出器 Mirion Technologies (Canberra) KK の“Falcon5000”で核種を同定した。放射化計算は“PHITS Ver.3.17” [2] と“DCHAIN-SP2014”を用いた。照射体系を図 1 に示す。 *ポリビニルアルコール-ヨウ化カリウム

**ion-beam Radiation Oncology Center in Kanagawa

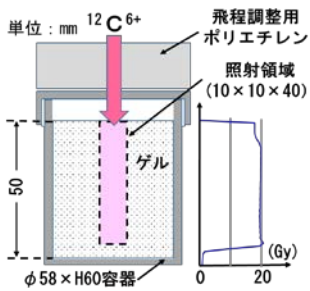


図 1 照射 Geometry

3. 結果と考察

計算から、生成する主要核種はいずれの試料も Be-7 で、さらに PVA-KI ゲルでは I-123 と In-111 の存在も予想された。測定結果を表 1 に、Be-7 の γ 線エネルギー (478keV) 付近のスペクトルを図 2 示す。スペクトルから Be-7 の量は照射量とともに増加することを確認した。色素ゲルでは Be-7 のみが測定され、その濃度は保守的な評価において最大約 31Gy 照射でも約 1Bq/g であった。PVA-KI ゲルでは Be-7 以外に I-123 を確認し、濃度は 31.2Gy の照射で 5×10^{-1} Bq/g であった。In-111 はいずれの照射量でも検出されなかった。

表 1 照射試料の実測結果

No	試料	吸収線量 (Gy) *	検出核種	実測値 (Bq)	濃度 (Bq/g) ***	その他
1	色素ゲル	10.4	未検出	<2	$<5 \times 10^{-1}$	未検出の場合は、Be-7 の検出限界値で評価***
2		10.4	Be-7	$2 \pm 4 \times 10^{-1}$	5×10^{-1}	
3		20.8	未検出	<2	$<5 \times 10^{-1}$	
4		20.8**	Be-7	$5 \pm 5 \times 10^{-1}$	1	
5		31.2	Be-7	$5 \pm 5 \times 10^{-1}$	1	
6	PVA-KIゲル	10.4	未検出	<2	$<5 \times 10^{-1}$	In-111 は未検出
7		31.2	Be-7	$3 \pm 5 \times 10^{-1}$	8×10^{-1}	
8	水	10.4	未検出	<2	$<5 \times 10^{-1}$	***と同じ

* : SOBP (拡大 Bragg Peak) は 140~170MeV/u の重粒子線を照射して形成。 **は約 400MeV/u で SOBP を形成。
*** : 核種が図 1 に示す照射領域内に存在すると仮定し、その領域の体積 (10×10×40mm) で除して算出。

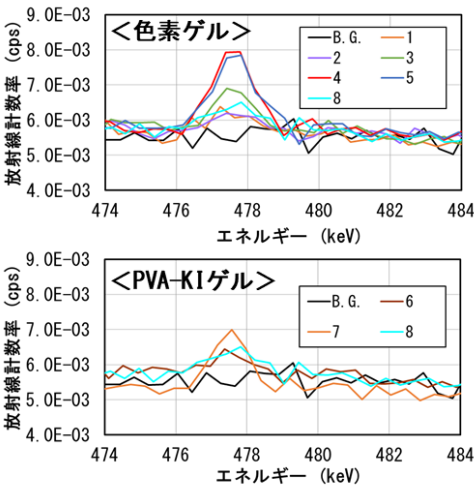


図 2 478keV 付近のスペクトル分布

参考文献 [1] 豊原他、日本原子力学会 2019 年秋の大会 2N17, [2] T. Sato, et. al., J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018).
本研究は、横浜国立大学、東芝エネルギーシステムズ株式会社、神奈川県立病院機構の三者による「重粒子線がん治療装置の高度化に関する研究」の一部である。IRB ; 横浜国大_人医-2018-05, 神奈川県立がんセンター_2018 疫-47
本論文に掲載の商品の名称は、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

*Masumitsu Toyohara¹, Shinichi Minohara², Hiroaki Gotoh¹, Yoshiaki Shimono³, Masaru Yuhara³, Yu Yamashita³, Rui Akayama³.
¹Yokohama National Univ., ²Kanagawa Cancer Center, ³Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.